Zur Korrektur des Schnitteffektes in Gefügediagrammen heterometrischer Körner

Von B. Sander mit D. Kastler und J. Ladurner

Mit 13 Textabbildungen und 1 Tabelle

Vorgelegt in der Sitzung am 25. November 1954

In der Korngefügekunde ist bisher die systematische Analyse und Typisierung der Gestalt der Körner nicht gleich weitergeschritten wie die Untersuchung der Drehlagen. Es erlaubte zwar das letztere Verfahren manchmal eine „Gefügetracht" des Kornes — also eine vorwaltende Zuordnung der Außengestalt zum Gitter des Gefügekornes — auch in Fällen wahrzunehmen, in welchen diese Gefügetracht nicht so leicht wahrnehmbar war wie bei den stark heterometrischen Glimmern, Hornblenden u. a.; so z. B. bei flächigen Lagenquarzen mit Achse quer zur Flächigkeit. Auch konnte gelegentlich auf das Fehlen einer Gefügetracht bei Biotit in einem Kugelgranit hingewiesen werden. Ferner wurde die Korngestalt im Hinblick auf das Becke-Rieckesche Prinzip und in den Arbeiten über Regelung nach der Korngestalt beachtet. Aber die Bemühungen, in undeutlichen Fällen durch statistische Messungen von Kornquerschnittdurchmessern noch heterometrische Gefügetracht genauer zu beschreiben, sind noch zu vereinzelt (s. z. B. Ladurner: Korund, N. J. 1952; Dolomit, Jahrb. Geol. BA. 1953; Olivin, Tsch. Min. Petr. Mitt. 1954).

Im folgenden soll gezeigt werden, daß es an der Zeit ist, solche Versuche deshalb fortzusetzen, weil der Einfluß heterometrischer Gefügetrachten auf die üblicherweise gemessenen Diagramme, so wie dieser Einfluß im folgenden als „Schnitteffekt" von Herrn D. Kastler quantitativ angenähert erfaßt ist, zu einer Fehlerquelle von Tragweite werden kann. Dies ist von besonderer Wichtigkeit für die gefügekundliche Untersuchung von Gesteinen, welche keine oder geringe Gefügeregelung zeigen, deren Diagramme durch den Schnitteffekt eine solche vorspiegeln und für Schlüsse auf Bewegungsbilder benützt werden, ohne daß die

von uns schulmäßig geübte Kontrolle durch Schliffe verschiedener Drehlage und durch Konfrontation der Diagramme mehrerer Kornarten im gleichen Schliffe mit Beachtung der korrelaten Untermaxima erfolgte. Ein besonderer Anlaß zur Betonung des Schnitteffektes ist, daß man mehr und mehr versucht, die Korngefügeanalyse, wie sie an deutlich und deutbar geregelten Gefügen ausgebaut wurde, nun auch für die Analyse weder deutlich noch deutbar geregelter Gesteine zu verwenden. Dies ist meines Erachtens z. B. bei der Bearbeitung mancher Granitkörper geschehen, als die Kriegszeit eine Aussprache verhinderte.

Bekanntlich kann man deutlich anisotrope Gesteine in vielfältiger definierte Beziehung zu genetischen Fragen bringen als fastisotrope, und es war ja eine Hauptaufgabe der Gefügekunde, den Bereich der anisotropen Gesteine, wie er bei geeigneten Arbeitswegen erscheint, als einen viel größeren und deutbareren aufzuzeigen, als er ohne solche sichtbar war. Eine weitere Aufgabe für die Korngefügeanalyse bedeutet aber die Existenz fastisotroper und isotroper Gesteine und ihr strenger Nachweis, insoferne, als man eben die Isotropie ebenfalls nur durch Gefügeanalysen wirklich nachweisen und in bezug auf einzelne Kornarten definieren kann.

Eine Aufgabe der Korngefügeanalyse war und ist es also, auch zur kritischen Abgrenzung der isotropen Gesteine beizutragen. Und was die geologische Bedeutung des ungeregelten Zustandes anlangt, so ist die Unterscheidung z. B. eines geregelten und eines ungeregelten „Granites“ und der Nachweis des letzteren in mehreren Zusammenhängen von Interesse.

Es soll hier mit Hilfe eines für die Gefügekunde wertvollen, von mir erbetenen Beitrages von Daniel Kastler (Universität Saarbrücken) der immer dringlicheren Frage nähergetreten werden, wie weit sich der von Kastler diskutierte „Schnitteffekt“ bei der Wahrnehmung und Beurteilung der Tropie der Gefüge mit den üblichen Einmeßverfahren bemerkbar macht. Dies ist nicht nur für die kritische Erfassung der fastanisotropen Gefüge, z. B. von Graniten, welchen man eine kritische Deutung ihrer Anisotropie ohne Überdeutung noch abgewinnen will, von Wert. Sondern es wird durch eine solche Betrachtung auch erfaßbar, wie weit die Diagramme deutlich anisotroper Gesteine — wie sie im bisherigen Gang der Gefügekunde im Interesse der Sache bevorzugt gewählt wurden — durch den Schnitteffekt verändert sind und wenn ja, ob dies in einem die symmetrologische Betrachtung und die Deutung des Regelungsvorganges gefährdenden Grade der Fall und korrigierbar ist.

Der Schnitteffekt ist der Effekt, durch welchen ein wie üblich im Schliffe eingemessenes Diagramm von der wirklichen Lagenkugelbesetzung abweicht, dadurch, daß formanisotrope (Scheiben, Stäbe usw.) Gefügeelemente vom Schliff nicht mit gleicher Wahrscheinlichkeit, sondern mit der von dem Winkel ihrer eingemessenen Achse zur Dünnschliffebene abhängigen Wahrscheinlichkeit getroffen und der Messung zugänglich werden.

Zur Diskussion unserer Frage gehen wir von einem homogenen, völlig ungeregelten Bereiche aus untereinander ähnlichen Korngestalten aus. In diesem ergeben alle Schlifflagen dasselbe Diagramm mit demselben Schnitteffekt.

Auf diesen Bereich bezieht sich zunächst die Kennzeichnung des Schnitteffektes durch D. Kastler.

Es ergibt sich sofort, daß dieser Schnitteffekt, abhängig nur vom Winkel der eingemessenen Achse zum Schliff (= Ebene des Diagramms), nur ein streng rotationssymmetrischer Effekt (Rotationsachse $\perp$ Diagramm) sein kann. Da wir streng rotationssymmetrische Besetzungen (z. B. streng homogen besetzte Gürtel in Schliffen $\perp$ B) von Gesteinen an deutlich geregelten natürlichen Gesteinen nicht kennen, ergibt sich, daß die deutlich inhomogene Besetzung und der nichtzentrische Charakter eines Diagramms ein Zustandekommen des Diagramms lediglich durch den Schnitteffekt ausschließt. Auch ergibt sich aus dem rotationssymmetrischen Charakter der durch den Schnitteffekt bedingten Besetzungen des Diagramms, daß man im Falle einer wahrnehmbaren B-Achse deren genaueres Studium im Schliffe schief und nicht normal zu B, wie bisher üblich, durchführen soll, um die Fälschung durch den Schnitteffekt zu verringern und die Realität der B-Achse sicherzustellen.

Außer dieser und anderen symmetrologischen Betrachtungen verwenden wir die Konfrontation von Diagrammen anisotroper Gesteine, welche auf Schliffen voneinander verschiedener definierter Drehlage gewonnen und durch konstruktive Rotation in dieselbe Drehlage gebracht sind. Das in die Drehlage des eingemessenen Diagramms M konstruktiv rotierte Diagramm Nr ($N \wedge M = \sphericalangle \varphi$) deckt sich entweder mit M oder nicht. Deckt es sich in den von uns zur Diskussion verwendeten Zügen, so ist kein unsere Diskussion berührender Schnitteffekt vorhanden. Denn ein solcher müßte bei den auf Schliff M und auf Schliff N gemessenen Diagrammen ein verschiedener sein, da ja in beiden Schlifflagen eines geregelten Gefüges Körner mit anderem Vorzugswinkel der eingemessenen Achse zum Schliff zu Worte kommen und von diesem Vorzugswinkel der Schnitteffekt abhängt.

Decken sich das (nichtrotierte) Diagramm M und das in die Drehlage von M rotierte Diagramm Nr nicht, so kann diese Tatsache für sich auf Inhomogenität des untersuchten Raumbereiches weisen. Dies ist durch A. V. A. überprüfbar. Ist aber die Homogenität festgestellt, so ist das ein Hinweis darauf, daß ein Schnitteffekt die Ursache dafür ist, daß M und Nr nicht übereinstimmen. Ohne solche Prüfungen sind Verlegenheitsannahmen unzulässig, wie z. B. daß Umregelung durch den Schleifakt die Ursache der Gleichheit gemessener Diagramme M $\wedge$ N und damit der Ungleichheit von M und Nr sei.

Von diesen einleitenden Überlegungen soll nun der Weg weiterführen über den Beitrag von D. Kastler und über die Diskussion einiger Diagramme eines Granites aus den Vogesen (St. Anné). Für den entscheidenden mathematischen Beitrag, der im Wortlaute Herrn Kastlers folgt, gebührt Herrn Kastler, für die Einmessung der Diagramme unseres Beispiels und für deren Korrektur nach Kastler gebührt Herrn Ladurner mein Dank.

Schnitteffekt bei ähnlichen rotationsellipsoidischen Körnern, geschnitten von einer Ebene (D. K.).

Die Wahrscheinlichkeit, von der Schliffebene durchschnitten zu werden, ist proportional dem Abstand zwischen den zwei zur Schliffebene parallelen Tangentalebenen des Kornes. Dieser Abstand läßt sich sehr einfach als Funktion des Winkels δ zwischen Kornachse und Schliffnormale berechnen im Falle von rotations-

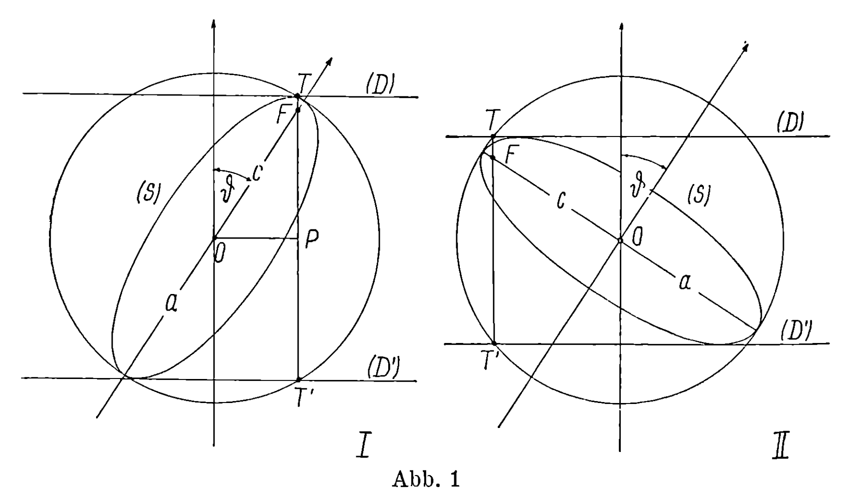


Abb. 1

ellipsoidischen Körnern. Der Dünnschliff ist hiebei als geometrische Ebene betrachtet. Die Figuren I und II in Abb. 1 zeigen den Schnitt (S) des Ellipsoids, durch dessen Meridianebene senkrecht zur Schliffebene bei verlängerten (I) und bei abgeplatteten (II) Ellipsoiden.

(D) und (D′) sind die Spuren der zur Schliffebene parallelen Tangentalebenen am Ellipsoid, T und T′ die Lote des Brennpunktes F von (S) auf (D) und (D′). T und T′ liegen bekanntlich auf dem Hauptkreis von S (dem auf der großen Achse von (S) als Durchmesser konstruierten Kreis). Gesucht ist der Abstand T T′ als Funktion von Winkel ϑ. Sei OP das Lot von O auf T T′. Im Fall (I) ist

$$FT' - FT = 2\,FP = 2\,FO \cos\vartheta = 2c\cos\vartheta,$$
$$FT \cdot FT' = a^2 - c^2.$$
$$TT'^2 = (FT' + FT)^2 = (FT' - FT)^2 + 4\,FT \cdot FT' =$$
$$= 4\,(c^2\cos^2\vartheta + a^2 - c^2) = 4\,(a^2 - c^2\sin^2\vartheta).$$

$$TT^2 = 2a\sqrt{1 - \frac{c^2}{a^2}\sin^2\vartheta}$$

$$\text{wobei } k^2 = \left(\frac{b}{a}\right)^2 = \frac{a^2 - c^2}{a^2} = 1 - \frac{c^2}{a^2}$$

Die Besetzungsdichte auf der Lagenkugel, normiert auf den Wert 1 für $\vartheta = 0$, ergibt sich somit für verlängerte Ellipsoide als

$$\varrho_I(\vartheta) = \sqrt{1 - (1 - k^2)\sin^2\vartheta}$$

Der Fall (II) geht aus dem Fall (I) durch den Wechsel $\vartheta \rightarrow 90^0 - \vartheta$ hervor. Somit ist die Besetzungsdichte auf der Lagenkugel, normiert auf den Wert 1 für $\vartheta = 90^0$, für den Fall abgeplatteter Ellipsoide gleich

$$\varrho_{II}(\vartheta) = \sqrt{1 - (1 - k^2)\cos^2\vartheta}$$

ϱ_I bzw. ϱ_{II} gibt wegen der Flächentreue der Lambertschen Projektion auch die Besetzungsdichte des Punktdiagramms. Es ist zweckmäßig, letztere als Funktion des Abstandes r vom Diagrammzentrum auszudrücken. Wenn R den Radius des Diagramms bezeichnet, so ist $\sin\frac{\vartheta}{2} = \frac{r}{R\sqrt{2}}$ somit ist

$$\varrho_I(r) = \sqrt{1 - (1 - k^2)\,\frac{r^2}{R^2}\left[2 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]}$$

$$\varrho_{II}(r) = \sqrt{1 - (1 - k^2)\left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]^2}$$

Zur Korrektur eines Punktdiagramms entsprechend dem Schnitteffekt hat man die örtliche Punktdichte im Punktdiagramm zu dividieren durch ϱ_{I} bzw. ϱ_{II} für den betreffenden Ort.

Anmerkung: Zur Bestimmung von k (= Verhältnis des kürzesten zum längsten Hauptdurchmesser des Kornes) im Falle von abgeplatteten Ellipsoiden gilt folgendes:

Die Scheibe wird von der Schliffebene mit verschiedenen längeren Durchmessern l des Kornquerschnitts durchschnitten. Diese l werden gemessen. Eine einfache Rechnung ergibt für den arithmetischen Mittelwert Lm dieser l-Werte den Wert $\frac{\pi}{2}a$, woraus sich der längere Durchmesser des Ellipsoides 2 a unmittelbar ergibt:

$$2a = \frac{4\,Lm}{\pi}$$

Beispiel eines Arbeitsganges zur Korrektur des Schnitteffektes bei scheibenförmigen Körnern (D. K.).

A. Ermittelung des Verhältnisses k des kleinsten zum größten Hauptdurchmesser der Scheiben.

Bei einer genügenden Anzahl von Körnern werden gemessen:

Die Dicke d der Scheibe (mit U-Tisch),

der Durchmesser l ($\perp$ d) des Scheibenquerschnitts durch die Schliffebene.

Die Werte für d ergeben die Summe D. Die Werte für l ergeben die Summe L.

k ergibt sich dann als

$$k = 0{,}787\,\frac{D}{L}.$$

Die Tabelle, deren k diesem ermittelten k-Wert am nächsten kommt, wird dann zur Korrektur benützt.

Z. B. bei Granit St. Anné, Vogesen D = 912 L = 3985 $\frac{D}{L} = 2{,}39$; $k = 0{,}787 \times 2{,}39 = 1{,}87$; also Tabelle $k = 0{,}2$.

B. Korrektur der Körnerzahl in einem im radialen Abstande r vom Diagrammzentrum befindlichen Bereich des gemessenen Punktdiagramms.

Die Form des Bereiches soll eine gute Definition des radialen Abstandes r vom Diagrammzentrum zulassen. Dieses ist der Fall:

Beim 1-%-Auszählkreis, wobei r = Abstand des Zentrums des Auszählkreises vom Zentrum des Diagramms.

Bei konzentrischen ringförmigen Bereichen von der Breite 1 cm um das Zentrum des Diagramms, wobei r = Radius des Mittelkreises des Ringes.

Sei n die im Auszählkreis oder im Ring enthaltene zu korrigierende Anzahl von Körnern.

Wenn $n < 9$, läßt sich die korrigierte Körnerzahl n' unmittelbar der Tabelle entnehmen. Sie ist an der Stelle, wo sich Zeile r und Spalte n kreuzen, zu finden. Z. B. im genannten Granit im eingezeichneten Auszählkreis $n = 5$, $r = 5$, $n' = 7{,}37$ (Abb. 5 und 13).

Wenn n größer ist als 9, wird n seiner Dezimalschreibung nach zerlegt und n' entsprechend dieser Zerlegung errechnet. Z. B. im selben Diagramm im dritten Ring $n = 63 = 10 \times 6 + 3$ bei $r = 7{,}5$.

$n' = 66{,}41 + 3{,}32 = 69{,}73$.

C. Berechnung der korrigierten Gesamtkörnerzahl des korrigierten Punktdiagramms.

Diese korrigierte Gesamtkörnerzahl N' ergibt sich als Summe der korrigierten Körnerzahlen in den 10 konzentrischen ringförmigen Bereichen. Z. B. im obigen Falle

Körnerzahlen der ringförmigen Bereiche	r	korrigierte Körnerzahlen
110.	9,5..	100,50 + 10,05 = 110,55
83...	8,5...	83,14 + 3,12 = 86,26
63.	7,5.	66,41 + 3,32 = 69,73
45..	6,5...	48,52 + 6,07 = 54,59
32.	5.5.	41,10 + 2,74 = 43,84
32.	4,5.	48,08 + 3,21 = 51,29
15.	3,5.	19,58 + 9,79 = 29,37
14...	2,5.	25,30 + 10,12 = 35,42
5...	1,5.	= 16,42
1.	0,5.	= 4,72
		N' = 502,19
		∾ 502

D. Zur Herstellung des ausgezählten Diagramms.

Am besten erfolgt die Korrektur sofort nach Auszählung der Körneranzahl im jeweiligen Auszählkreis. Die korrigierte Körneranzahl wird an der jeweiligen Stelle auf einer Pauspapieroleate notiert. Dabei ist es von Vorteil, den Auszählkreis auf konzen-

trischen, im Diagrammzentrum zentrierten Kreisen von ganzen und halbganzen Radien zu verschieben.

Die korrigierten Körnerzahlen werden dann mittels der unter C. errechneten Gesamtkörnerzahl wie üblich in Prozente umgerechnet und auf einer zweiten Oleate eingetragen, wonach die Zeichnung der Linien in der üblichen Weise erfolgt.

Beispiel einer korrigierten Analyse (B. S.).

In einem homogen und isotrop erscheinenden Granit aus den Vogesen (St. Anné) wurden in Schliffen aus drei aufeinander senkrechten Schlifflagen (s. Abb. 2) je 400, in einem Falle auch 1000 (Abb. 7) Biotite eingemessen (Abb. 3, 5, 7, 9).

Alle drei Schlifflagen ergeben um das Zentrum des Diagramms eine Minderbesetzung gegenüber der Peripherie und damit unverkennbar eine Mehrbesetzung der Peripherie. Diese Besetzung könnte, in jedem einzelnen Schliff betrachtet, also ohne schulgemäße Kontrolle durch Schliffe anderer Drehlage und ohne die Messung anderer Teilgefüge, als Gürtel normal zu einer B-Achse gelesen werden.

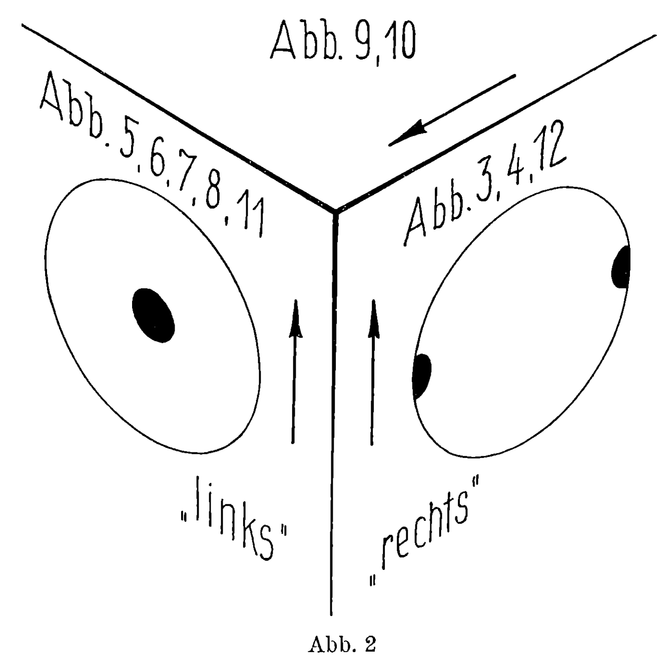


Abb. 2

Tabelle zur Korrektur des Schnitteffektes für Blättchen mit k = 0,2

k = Verhältnis des kürzesten zum längsten Hauptdurchmesser

Statt der unkorrigierten Anzahl der Körner, welche in den Auszählkreis fallen, ist die Anzahl der Tabelle zu setzen

Abstand vom Zentrum in cm	Unkorrigierte Kornanzahl im Auszählkreis									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 usw.
	Korrigierte Kornanzahl im Auszählkreis									
0	5,000	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000	45,000	
0,5	4,724	8,447	14,171	18,895	23,619	28,342	33,066	37,790	42,513	
1	4,114	8,227	12,341	16,454	20,568	24,681	28,795	32,908	37,022	
1,5	3,284	6,568	9,852	13,136	16,421	19,705	22,989	26,273	29,557	
2	2,946	5,893	8,839	11,786	14,732	17,678	20,625	23,571	26,518	
2,5	2,530	5,061	7,591	10,122	12,652	15,182	17,713	20,243	22,774	
3	2,209	4,418	6,627	8,836	11,045	13, 54	15,463	17,672	19,881	
3,5	1,958	3,916	5,874	7,832	9,791	11,749	13,707	15,665	17,623	
4	1,761	3,522	5,284	7,045	8,806	10,567	12,328	14,090	15,851	
4,5	1,603	3,205	4,808	6,410	8,013	9,616	11,218	12.821	14,423	
5	1,475	2,949	4,424	5.898	7.373	8,847	10,322	11,796	13,271	
5,5	1,370	2,740	4,110	5,480	6,850	8,219	9,589	10,959	12,330	
6	1,284	2,567	3,851	5.135	6,419	7,702	8,986	10,270	11,553	
6,5	1,213	2,416	3,639	4,852	6,065	7,277	8,490	9,703	10,916	
7	1,154	2,309	3,463	4,618	5,772	6,926	8,081	9,235	10,390	
7,5	1,107	2,214	3,320	4,427	5,534	6,641	7,748	8,854	9,961	
8	1,069	2,137	3,206	4,275	5,344	6,412	7,481	8,550	9,618	
8,5	1,039	2,078	3,118	4,157	5.196	6,235	7,274	8,314	9,353	
9	1,018	2,036	3,053	4,071	5,089	6,107	7,125	8,142	9,160	
9,5	1,005	2,009	3,014	4,018	5,023	6,028	7,032	8,037	9,041	
10	1									

Für 10 Punkte im Auszählkreis erfolgt die Korrektur als 10 × 1 (korrigierte Kornanzahl), für 14 als 10 × 1 + 4 usw.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß diese drei Diagramme nicht durch konstruktive Rotation ineinander überführbar sind. Sie zeigen also nicht das reelle Gefüge im Inneren des Würfels, auf dessen Seiten sie eingemessen wurden. Die Diagramme bezeugen also nicht drei aufeinander senkrechte B-Achsen des

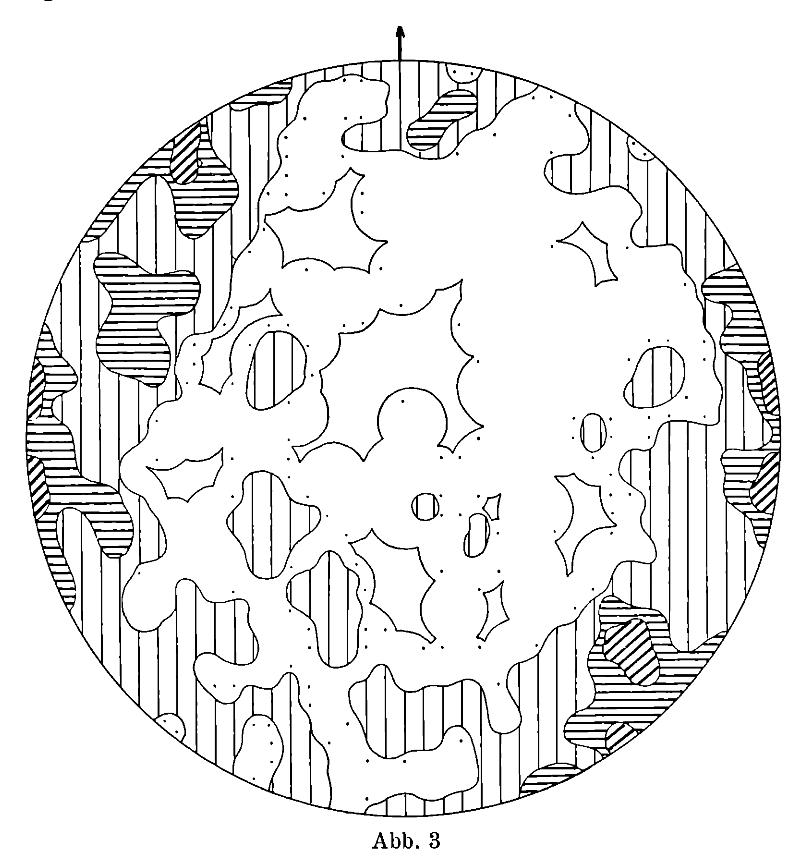


Abb. 3

Gesteins. Nach der quantitativen Erfassung des Schnitteffektes (für Ellipsoide) durch D. Kastler war zu prüfen, ob die Korrektur des Schnitteffektes in den drei eingemessenen Diagrammen in diesen Diagrammen die periphere Häufung verwischt und die irrige Annahme einer B-Achse auf Grund der Messung nur eines dieser Diagramme verhindern kann. Die eingemessenen Diagramme (Abb. 3, 5, 7, 9) wurden also korrigiert (Abb. 4, 6, 8, 10).

Der paarweise Vergleich der unkorrigierten Diagramme mit den entsprechenden korrigierten (3 mit 4; 5 mit 6; 7 mit 8; 9 mit 10) ist nicht nur für die augenblickliche Fragestellung lehrreich, sondern darüber hinaus als Warnung davor, auf reelle B-Achsen zu schließen, wenn neben zentrischen Häufungen einzelne Häufungen

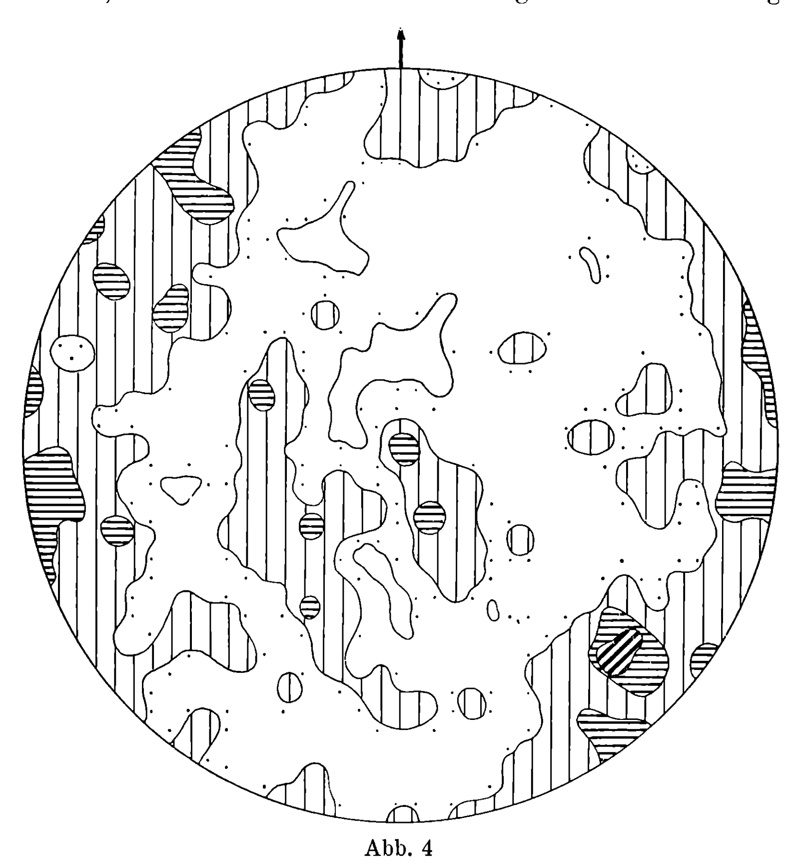


Abb. 4

an die Peripherie des Diagramms fallen. Nicht immer wurde dies in schwach geregelten Graniten vermieden, ja sogar von der geometrisch unvermeidlichen Lage zweier Häufungen auf einem Großkreis auf einen Gürtel und auf ein Bewegungsbild geschlossen, statt das Diagramm als undeutbar zu betrachten, wie ich das z. B. manchen für meine Gefügekunde eingemessenen Diagrammen gegenüber tat.

Die Korrektur bringt in allen Fällen (4, 6, 8, 10) eine nicht als Gürtel deutbare Besetzung an Stelle der — wie wir nun schließen — durch den Schnitteffekt erzeugten, eine B-Achse vortäuschenden Besetzung in den gemessenen Diagrammen. Am besten tritt dies, wie bei der höheren Kornzahl 1000 zu erwarten,

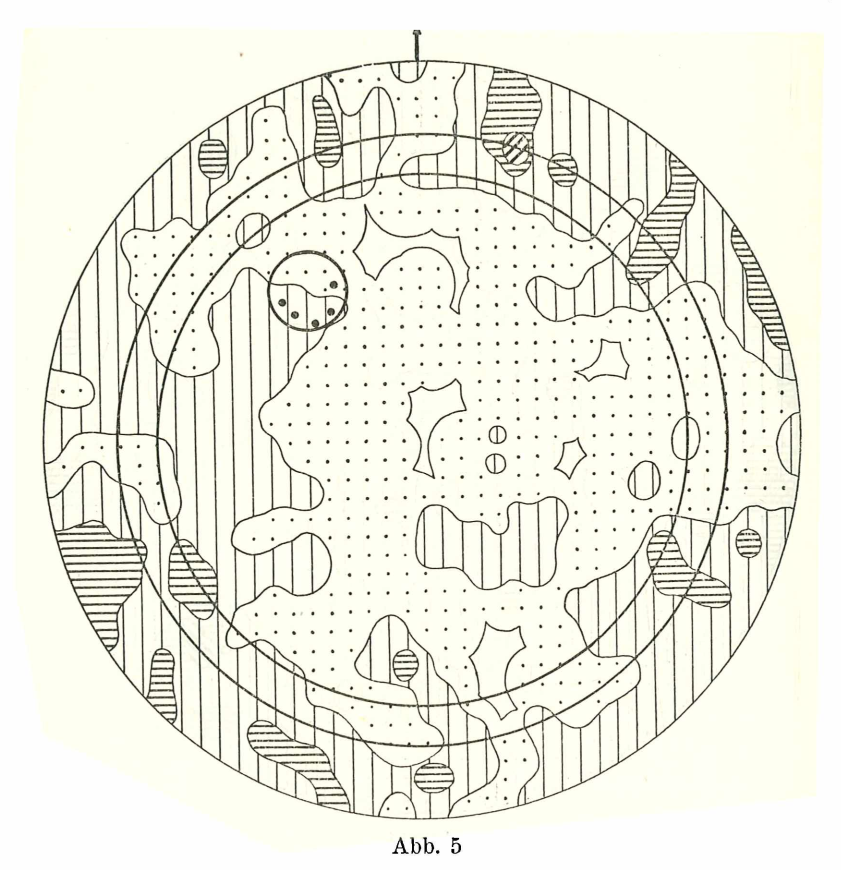


Abb. 5

beim Vergleich von Abb. 7 mit Abb. 8 hervor, am wenigsten beim Vergleich von Abb. 9 mit Abb. 10. Auch dies ist zu erwarten. Denn Abb. 9 zeigt von allen Diagrammen die größten „Nullareale“, in welche kein einziger eingemessener Punkt fällt, wodurch sie unkorrigierbar waren (vgl. die Nullareale in Abb. 9 und 10).

Es fragt sich nun noch, ob die Häufungen in den korrigierten Diagrammen (Abb. 4, 6, 8, 10) persistent sind. Hiezu dient zunächst

der Vergleich des korrigierten Diagramms mit 502 Körnern (Abb. 6) mit dem korrigierten Diagramm gleicher Drehlage mit 1248 Körnern (Abb. 8).

Dieser Vergleich ergibt eine sehr deutliche Übereinstimmung, also Persistenz der Häufungen während der Messung

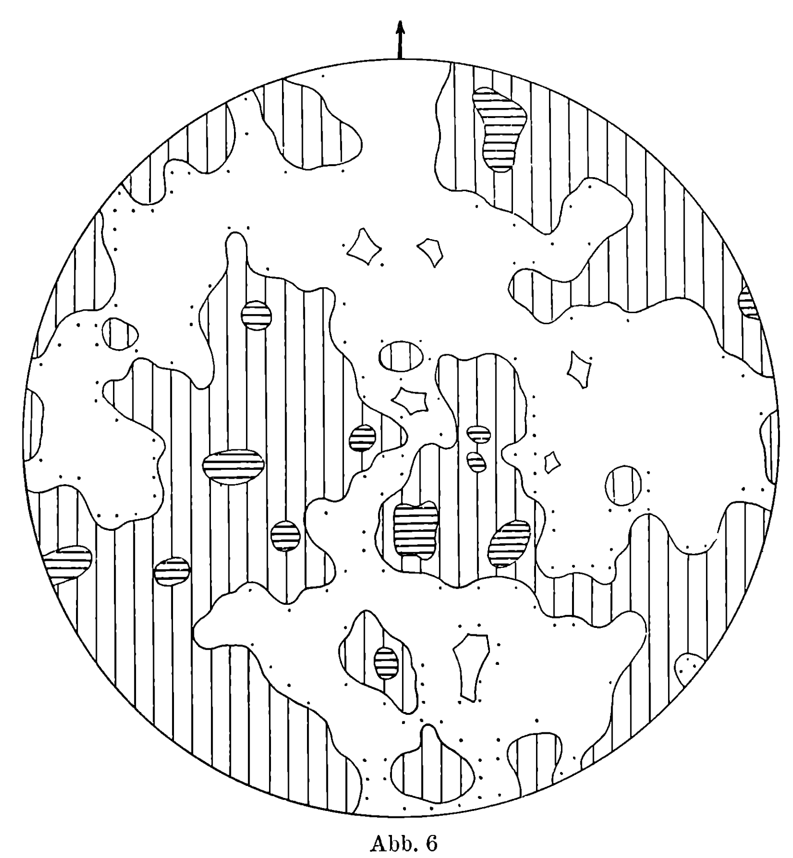


Abb. 6

bis zu 1000 Körnern. Auch der Vergleich der nicht korrigierten Diagramme zu 400 Körnern (Abb. 5) und zu 1000 Körnern (Abb. 7) läßt das schon erkennen.

Um weiter zu beurteilen, wieweit diese Häufungen für das Innere des Quaders (Abb. 2) gelten, auf dessen Seiten gemessen wurde, wurden konstruktive Rotationen vorgenommen (Abb. 2). Das korrigierte Diagramm Abb. 8, Seite „links“ des Quaders,

wurde um die Vertikale konstruktiv rotiert in die Drehlage Seite „rechts“ des Quaders und ergab Abb. 12. Abb. 12 ist also zu vergleichen mit dem auf derselben Seite („rechts“) gemessenen aber korrigierten Diagramm Abb. 4. Eine Übereinstimmung der beiden

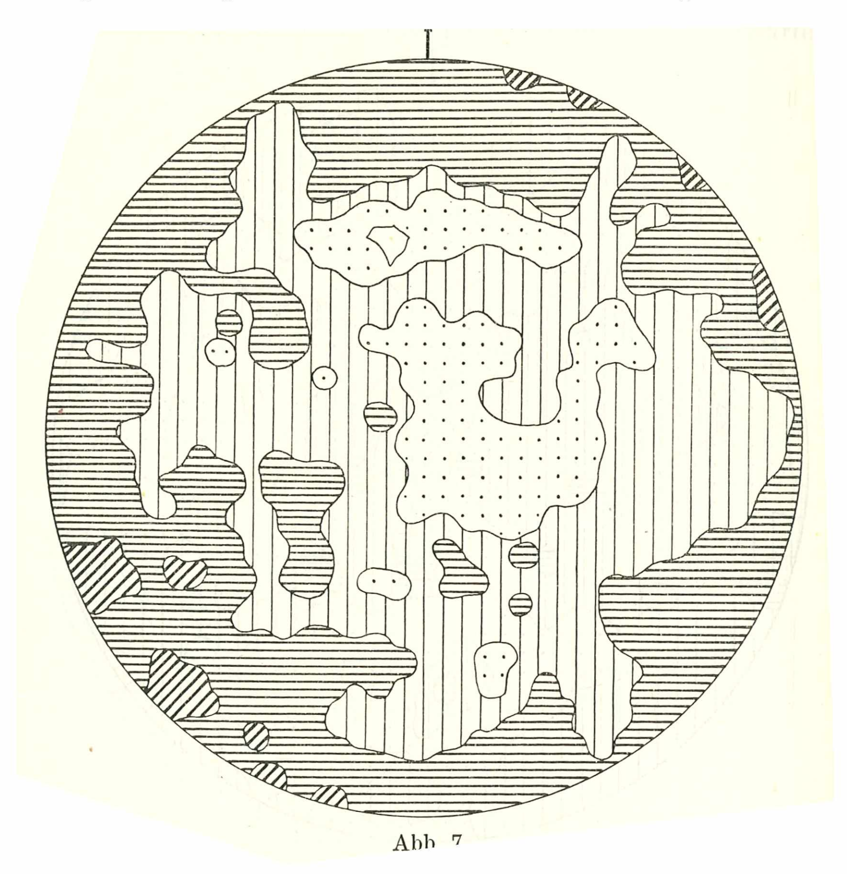


Abb. 7

— allerdings mit verschiedenen Körnerzahlen gemessenen — Diagramme ist wahrnehmbar peripher links und rechts.

Das korrigierte Diagramm Abb. 4 von Seite „rechts“ des Quaders wurde um die Vertikale konstruktiv rotiert in die Drehlage Seite „links“ des Quaders und ergab Abb. 11. Abb. 11 ist also zu vergleichen mit dem auf derselben Seite (links) gemessenen aber korrigierten Diagramm Abb. 6 und Abb. 8. Eine zentrische Häufung ist wahrnehmbar.

Wenn man sich auf den Quader die persistente Häufung „links“ und „rechts“ im korrigierten Diagramm auf der Seite rechts des Quaders einzeichnet und ebenso die persistente zentrale Häufung im korrigierten Diagramm auf Seite links des Quaders,

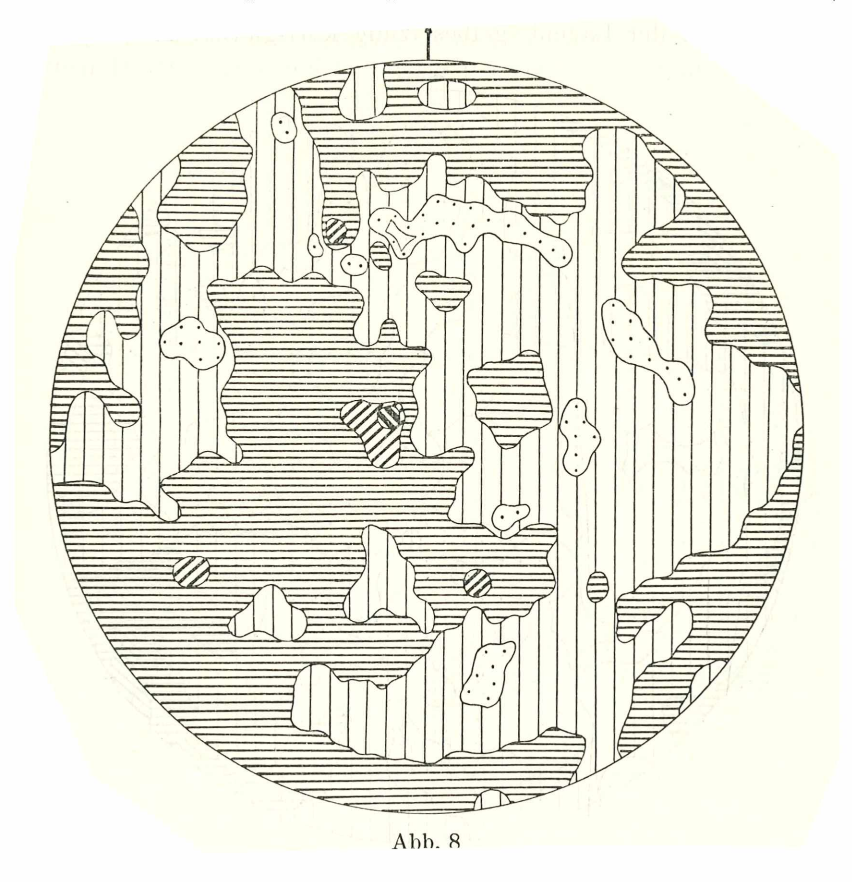


Abb. 8

wie das in Abb. 2 schematisiert ist, so ergibt sich die Identität beider Häufungen auf der Lagenkugel für den Bereich des Quaders, und also eine undeutliche aber statistisch wahrnehmbare Regel des Biotits parallel zur Seite „links“ des Quaders.

Damit ist ein Beispiel gegeben, wie man durch korrigierte Diagramme im Bedarfsfalle auch undeutliches flächiges Parallelgefüge in kaum geregelten Gesteinen statistisch wahrnehmbar machen und objektiv kennzeichnen kann.

Zusammenfassung und Anmerkungen (B. S.).

Dadurch, daß Herr Kastler den Schnitteffekt zunächst in einer definierten Annäherung quantitativ erfaßte und die durch den Schnitteffekt mögliche Abweichung der gemessenen Diagramme von der Lagenkugelbesetzung korrigierbar machte, sind

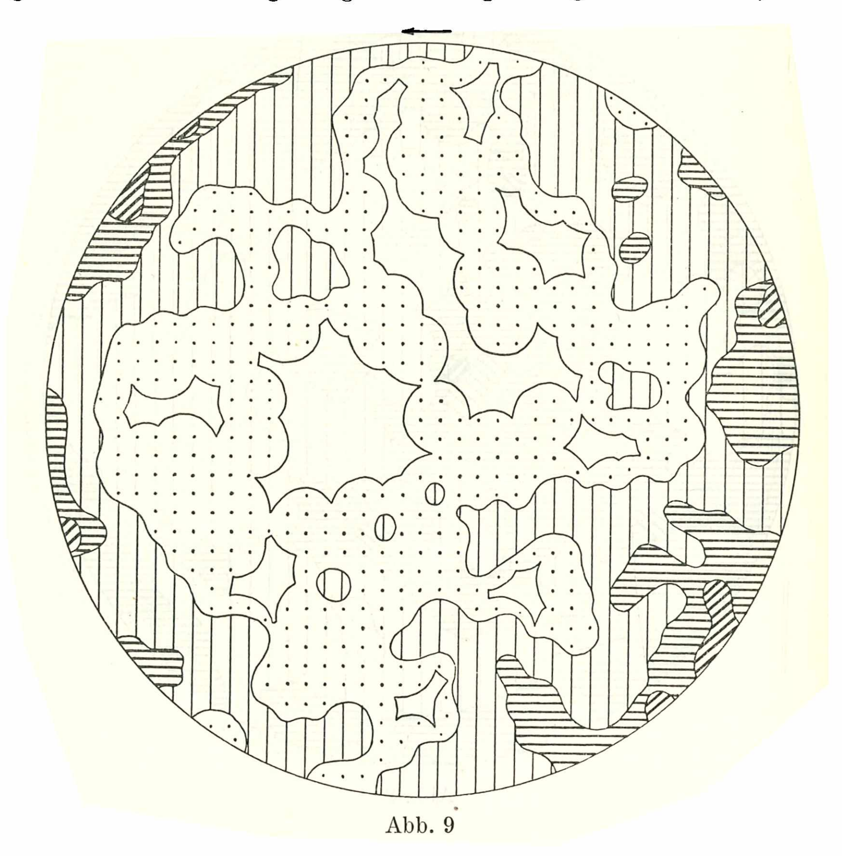


Abb. 9

wichtige Fortschritte erzielt und weitere angebahnt. Aus dem Beitrag von Kastler geht hervor:

1. Eine Heterometrie der Gefügekörner mit definierter Gefügetracht macht die Korrektur des gemessenen Diagramms notwendig, wenn es die Lagenkugelbesetzung ohne Ausfall geben soll.

2. Diese Korrektur ist bei schwach geregelten bis ungeregelten Gefügen unerläßlich, wenn man Fehlschlüsse, wie z. B. durch

scheinbare periphere oder zentrale Überbesetzungen, auf B-Achsen, vermeiden will.

3. Die Korrektur ist in allen Fällen notwendig, in denen das schon lange von uns gehandhabte Kontrollverfahren, Messung aufeinander senkrechter Schliffe, in den zu diesen Schliffen gemessenen Diagrammen gleichsituierte periphere oder zentrische Häu-

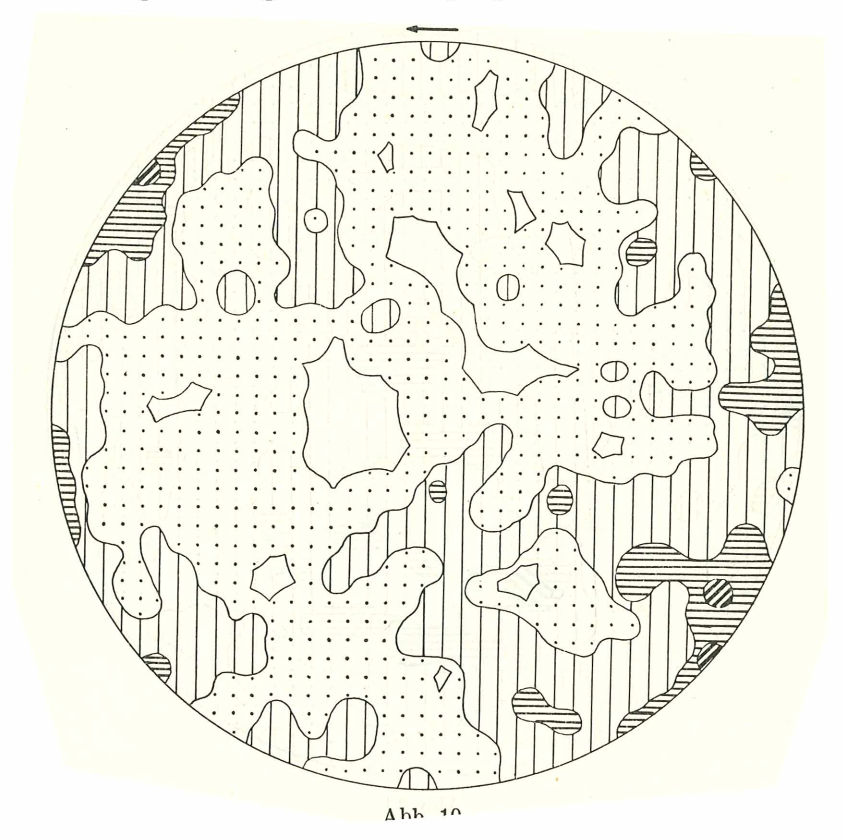


Abb. 10.

fungen ergibt, so daß die Diagramme nicht durch konstruktive Rotation ineinander überführbar sind.

4. Wenn letzteres zutrifft, so ist entweder die Heterometrie der Korngestalt deutlich und der näherungsweise Korrekturvorgang nach Kastler anwendbar oder nicht. Im letzteren Falle weist — homogenes Gefüge (eventuell A. V. A.!) vorausgesetzt — die Nichtüberführbarkeit der Diagramme ineinander auf Hetero-

metrie der Korngestalt. Zeigen die einzelnen gemessenen Diagramme verschiedener Drehlage genau dasselbe Bild rotationssymmetrischer zentraler oder peripherer Häufung, so liegt ungeregeltes Gefüge mit reinem Schnitteffekt heterometrischer Körner vor, z. B. ein Gürtel, welcher in homogenem ungeregeltem

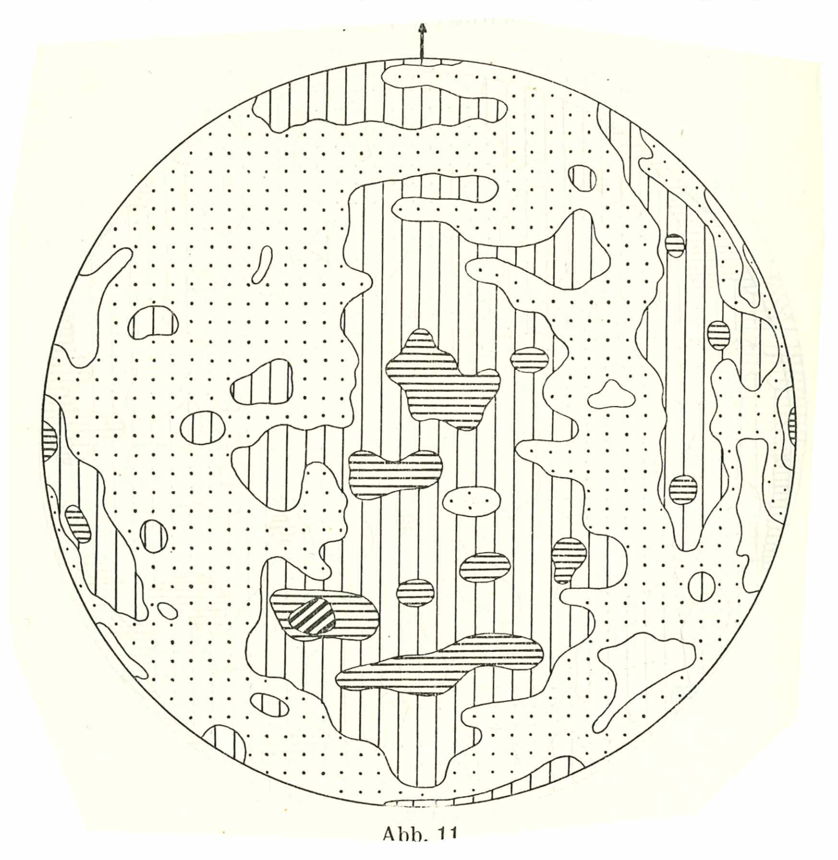


Abb. 11

Gefüge durch den Kastlerschen Schnitteffekt entsteht — also ein reiner Schnitteffektgürtel kurz „Sch-Gürtel".

5. Ergeben in zweifelhaften Fällen die Schliffe mit verschiedener Drehlage gut ineinander rotierbare Diagramme, so besteht kein beachtlicher Schnitteffekt. Entweder weil eine genügende Kornheterometrie fehlt oder weil eine genügend scharfe Regel der Körner vorliegt.

6. Durch Messung von Diagrammen verschiedener Drehlage, durch Beachtung der Korrelation der Häufungen verschiedener heterometrischer Kornarten, denen verschiedene Schnitteffekte entsprechen würden, ferner, indem man unter den im jeweiligen Fragenstand (z. B. in einem zu kennzeichnenden Bewegungs-

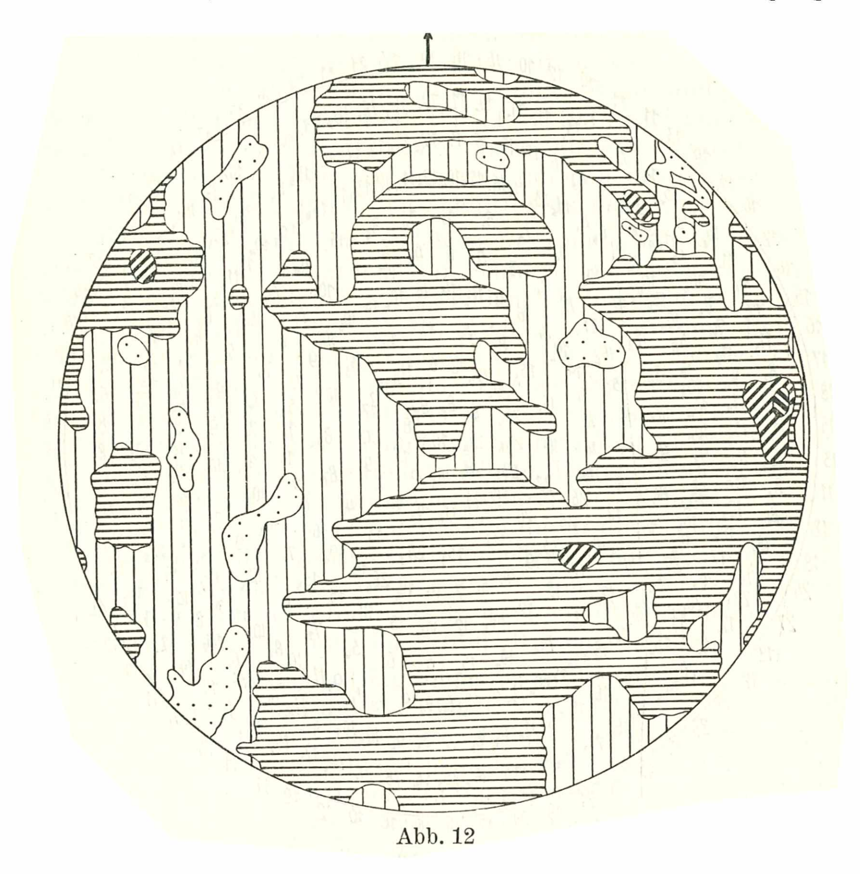


Abb. 12

horizont) zu Worte kommenden Gefügen die am stärksten geregelten zur Analyse wählt, kann man Fehler durch den Schnitteffekt vermeiden, wie dies bisher auch gehandhabt wurde.

7. Nach der nun von K a s t l e r gegebenen Grundlage (vorläufig für Kornschemata isometrischer bis extrem heterometrischer Rotationsellipsoide) ist aber der Schnitteffekt auch dann nicht zu vernachlässigen, wenn es sich um eine Korngestalt handelt,

deren Heterometrie nicht ohne weiteres, sondern erst durch statistische Messung vieler Kornquerschnittdurchmesser in verschiedenen Richtungen wahrnehmbar wird.

8. In den Fällen, in welchen heterometrische Korngestalt nachgewiesen ist, hat man ein korrigiertes Diagramm herzustellen,

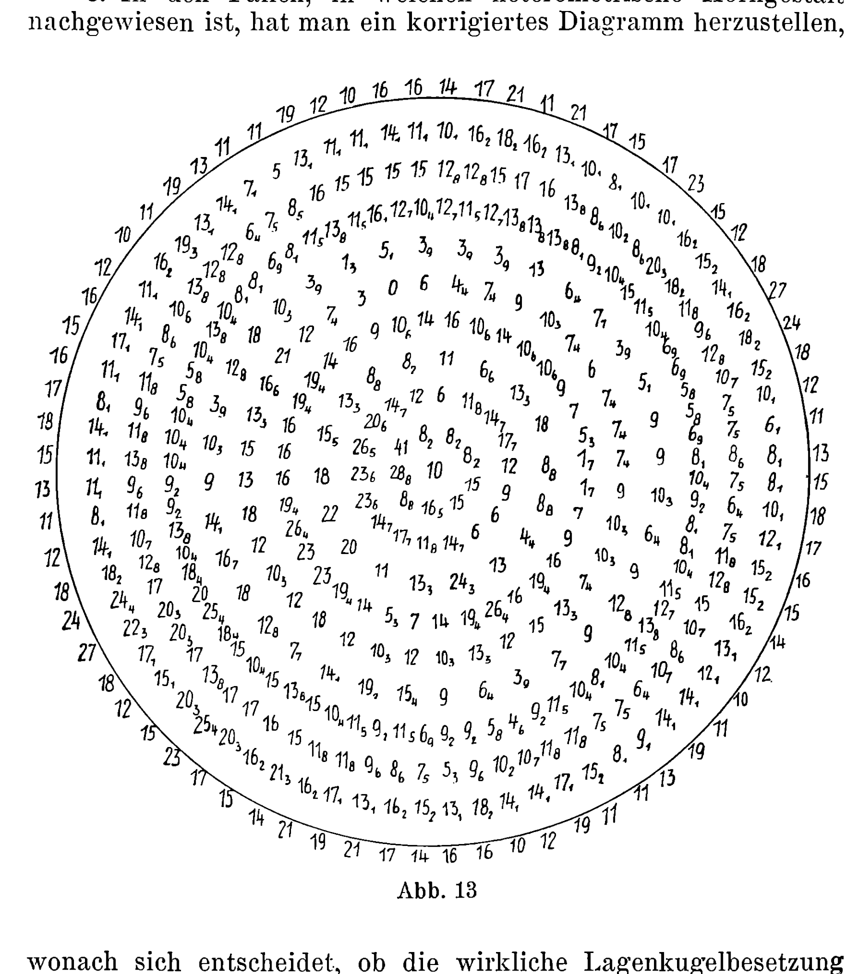


Abb. 13

wonach sich entscheidet, ob die wirkliche Lagenkugelbesetzung für den betreffenden Fragenstand beachtliche Abweichungen vom unkorrigierten Diagramm ergibt. Dies ist unter anderem der Fall bei der Beurteilung schwach geregelter Gefüge. Zum Beispiel ist es bei anscheinend isotropen Graniten, welche man auf B-Achsen hin untersucht, notwendig:

a) durch Messung von Schliffen verschiedener Drehlage sowohl für Glimmer als für Quarz die Rotierbarkeit der Diagramme ineinander zu prüfen und damit auch das Vorhandensein eines Schnitteffektes;

b) die gemessenen Diagramme zu korrigieren. Nur wenn korrigierte Diagramme dann noch periphere oder zentrische Häufungen zeigen, sind diese Häufungen als Hinweise auf B-Achsen zulässig. So sind z. B. Arbeiten an Graniten, wie die von Maroschek (Min. u. Petr. Mitt. Neue Folge 1933) und von Bell (Neues Jahrb. f. Min. etc., Beil. Bd. 71, S. 193), revisionsbedürftig. Aber im Falle Bell ist allerdings durch die gute Zuordenbarkeit des Festigkeitsverhaltens zu den Diagrammen das Problem ohne wesentliche Störung durch den Schnitteffekt gelöst.

9. Als ein Beispiel, in welchem Revisionen der Gefügetracht nötig sind, um das Diagramm für Schlüsse auf das Verhalten der Körner bei der Regelung zu verwenden, sei folgendes erwähnt. In der Gefügekunde (1950 II, S. 159 ff., 349) wurden Beispiele gegeben, in welchen etwas schief zu ihrer c-Achse oblonge Quarzkörner mit ihrer c-Achse um das B eines Formungs- und eines Anlagerungsvorganges liegen. Dies ist als Regelung nach der Korngestalt gedeutet, und es kommt ein Schnitteffekt in den Schliffen ⊥ B (D 55, 56) nicht wesentlich zu Worte. Wären diese Schliffe ⊥ B gelegt, so wäre die Häufung um B durch den Schnitteffekt verstärkt und ihre im vorliegenden Falle durch die Schliffe || B und die Beachtung der Korngestalt gesicherte Deutung wegen des Schnitteffektes unsicher. Letzteres gilt von gewissen unseltenen Quarzhäufungen um tektonisches B, wenn eine Kontrolle der Korngestalt und eine Messung im Schliff || B nicht vorliegt.

Die Korrektur eines Diagramms ist in den Arealen, in welche keine eingemessenen Punkte fallen („Nullareale“), nicht möglich. Diese Areale sollen also im ausgezählten Diagramm sichtbar sein, und sie sollen durch genügend hohe Körnerzahlen möglichst klein gemacht werden. Auch beim Studium deutlich geregelter Gefüge ist der Schnitteffekt zu beachten, vor allem wenn die Gefügetracht der Kornart K und die konstruktive Rotation den Effekt erwarten lassen. Man kann unter Umständen ein Diagramm für ein Gefüge aus ungeregelten K gleicher Kornzahl wie das eingemessene Diagramm des geregelten Gefüges entwerfen und mit dem Diagramm des geregelten Gefüges vergleichen.

Ohne Prüfung der Möglichkeit eines Schnitteffektes ist es unzulässig, anzunehmen, daß gleiche Diagramme verschiedener Drehlage durch Regelung beim Schleifakt entstanden seien.

Ergänzungen der vorliegenden Arbeit sind in folgenden Punkten anzustreben:

Die Korrektur ist gegeben für das Schema rotationssymmetrischer Ellipsoide für die Korngestalt (also angenähert) und zunächst nur für die Korngestalt der Tabelle k = 0,2. Die Korrekturtabellen für andere Verhältnisse des längsten zum kürzesten Hauptdurchmesser und für verlängerte Rotationsellipsoide, also angenähert für stengelige Gefügetracht der Körner, sind aus der Formel berechenbar, sollen aber bei nächster Gelegenheit publiziert werden.

Noch nicht durchgeführt ist die schwierigere Korrektur des Schnitteffektes für dreiachsige Ellipsoide und für andere typisierbare Korngestalten, wie Zylinder, und für einigermaßen typisierbare mittlere Korngestalten, welche sich aus der Statistik von Kornquerschnitts-Durchmessern auf Schliffen verschiedener Drehlage ergeben, oder am vollkommensten aus Messungen auf der Oberfläche einer aus dem Gefüge geschliffenen Kugel; wie das in Aussicht genommen ist.

Der Verhältniszahl der Tabelle k = 0,2 entspricht die Korngestalt der eingemessenen Biotite nur angenähert; doch wurde in unserem Beispiel von der Berechnung einer der mittleren Korngestalt genau entsprechenden Tabelle aus der Formel abgesehen, da der Arbeitsgang und sein wesentliches Ergebnis auch so hervortrat.

Die gemachte Annahme, daß der Schnitt eine geometrische Ebene sei, gilt streng für Anschliffe. Für Dünnschliffe ist eine Korrektur um so erforderlicher, je mehr ihre Dicke gegenüber der Korngröße zu Worte kommt. Denn die Wahrscheinlichkeit, daß — wie für die Einmessung nötig — die ganze Schliffdicke in das Korn fällt, ist geringer als die Wahrscheinlichkeit, daß eine Schliff-„ebene" das Korn anschneidet. Das Studium des Schliffes ergibt aber leicht die Einsicht, ob Körner ohne beiderseitigen Anschliff fehlen oder ganz zurücktreten, womit die Beachtung der Schliffdicke bei der Kastlerschen Korrektur des Schnitteffektes entfällt.

Im vorliegenden Fall ist die Schliffdicke 0,028 mm; die Hauptdurchmesser der mittleren Korngestalt sind 0,71 mm und 0,11 mm.

Anhangsweise sei noch auf einen anderen wenig beachteten Fall möglicher Täuschung hingewiesen.

Nicht nur durch den Schnitteffekt, sondern auch noch in einem anderen Fall kann trotz richtiger Beobachtung die Fehl-

deutung, daß geregeltes Gefüge vorliege, zustande kommen, während in Wirklichkeit ungeregeltes Gefüge vorliegt.

Wie die Darstellung in der Gefügekunde (1930, S. 120/121; 1950 II, S. 20) nach einer geometrischen Untersuchung von M. Pernt zeigt, weist bei optisch Einachsigen das gemeinsame Steigen oder Fallen einer Mehrzahl von Körnern im Gipsfeld auf geregeltes Gefüge. Dies gilt nicht bei optisch Zweiachsigen. Betrachtet man die am angeführten Orte gegebene Abbildung der Lagenkugel, so ist für den längeren Schnittellipsendurchmesser der Indikatrix das feinpunktierte Areal (I) und das weiße Areal (II) auf der Lagenkugel erlaubt, das stark punktierte Areal (III) verboten, wenn der Effekt gemeinsamen Farbensteigens bzw. -fallens zustande kommen soll. Aus $n\alpha$, $n\beta$, $n\gamma$ läßt sich das Verhältnis $V_o = \frac{I + II}{III}$ berechnen. Beobachten läßt sich das Verhältnis V_k der Anzahl der steigenden Körner zur Anzahl der fallenden Körner. Ist $V_o = V_k$, so ist das Gefüge ungeregelt, obgleich steigende bzw. fallende vorherrschen; letzteres bedeutet also nicht Regelung. Ist V_o nicht gleich V_k, also V_o/V_k nicht gleich 1, so ist das Gefüge geregelt, und die Regelung ist statistisch um so ausgesprochener, je mehr das genannte Verhältnis vom Wert 1 abweicht.

Da der Schliffeffekt, seine Täuschungsmöglichkeiten und seine Korrektur nur für die Untersuchung von Platten zu Worte kommt, deren Dicke im Vergleich zu den Abmessungen der einzumessenden Gefügeelemente gering ist, also praktisch vor allem bei Dünnschliffen, aber auch z. B. bei der Beurteilung von Gestalt und Drehlage heterometrischer Gerölle in Wandaufschlüssen, entgeht man dem Schnitteffekt bei allen Methoden, welche eine genügende Dicke des Präparates durchstrahlen. Dies trifft zu für die Analyse der Gefügeanisotropie mit Röntgen, und es könnte zutreffen für eine solche Analyse der Anisotropie mit durchdringenderen Wellen als die optischen. Es wäre also auch von hier aus gesehen der Ausbau solcher Verfahren namentlich für grobkörnige Gesteine sehr zu begrüßen und zunächst an Hand von Platten mit optisch einwandfrei analysierten Regeln vielleicht durchführbar.

Zu den Diagrammen.

In der Zeichnung der Diagramme sind höchste Besetzungszahlen den dichteren Mustern zugeordnet. Abb. 13, Verteilung der korrigierten Körnerzahlen, zeigt den Korrekturvorgang für die Korrektur von Abb. 7, diese Korrektur ergibt Abb. 8.

Die Abbildungen der Diagramme zeigen folgende Körnerzahlen von Biotit.

Abb. 3	nicht korrigiert .	400 Pole
Abb. 4	wie Abb. 3, aber korrigiert	476 Pole
Abb. 5	nicht korrigiert . .	400 Pole
Abb. 6	wie Abb. 5, aber korrigiert	502 Pole
Abb. 7	nicht korrigiert .	1000 Pole
Abb. 8	wie Abb. 7, aber korrigiert	1248 Pole
Abb. 9	nicht korrigiert . .	400 Pole
Abb. 10	wie Abb. 9, aber korrigiert	488 Pole
Abb. 11	wie Abb. 4, aber rotiert in Lage von Abb. 5, 6	
Abb. 12	wie Abb. 8, aber rotiert in Lage von Abb. 3, 4	

Die Stufungen der Auszählung sind:

Abb. 3: 4 — 3 — 2 — 1 — 0,25; 0 %
Abb. 4: 4 — 3 — 2 — 1 — 0,2; 0 %
Abb. 5: 4 — 3 — 2 — 1 — 0,25; 0 %
Abb. 6: 3 — 2 — 1 — 0,2; 0 %
Abb. 7: 3 — 2 — 1 — 0,5 — 0,1; 0 %
Abb. 8: 4 — 3 — 2 — 1 — 0,5 — 0,1: 0 %
Abb. 9: 4 — 3 — 2 — 1 — 0,25; 0 %
Abb. 10: 4 — 3 — 2 — 1 — 0,2; 0 %
Abb. 11: 4 — 3 — 2 — 1 — 0,2; 0 %
Abb. 12: 4 — 3 — 2 — 1 — 0,5 — 0,1; 0 %